

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКОВ УТЕЧКИ И ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

В сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В требуется знать величину тока однофазного замыкания на землю с целью определения уставки защит от однофазного замыкания на землю. В практике эксплуатации электрических сетей с изолированной нейтралью необходимо знать величины токов однофазного замыкания на землю по отходящим линиям от распределительного пункта до электроприемников и также требуется знать величину тока утечки при ослаблении изоляции между одной из фаз сети относительно земли. Так как информированность обслуживающего персонала относительно величин токов утечки и однофазного замыкания на землю позволяют разработать эффективные организационные и технические мероприятия по повышению надежности работы электроустановок и безопасности их обслуживания.

Для определения тока однофазного замыкания на землю в сетях напряжением 6 – 10 кВ используем уравнение определения емкостной проводимости изоляции сети [1]:

$$b = \frac{U_{\phi} U_{\phi 0} g_o}{U_o \sqrt{U_{\phi 0}^2 + U_o^2}}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} , $U_{\phi 0}$ – напряжения фазы относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости; U_o – напряжения нулевой последовательности; g_o – активная дополнительная проводимость, которая подключается между напряжением фазы относительно земли и землей.

Так как в практике эксплуатации сетей с распределенными параметрами, к которым относятся сети напряжением 6 – 10 кВ при токах однофазного замыкания на землю 5,0 А и более, то следует принять, что токи однофазного замыкания на землю приравнены к емкостному току. Такое принятие решений обусловлено тем, что емкостная проводимость изоляции в этих сетях обусловлена протяженностями средств канализации электрической энергии и количеством подключенного электрооборудования, а активная проводимость изоляции сети обусловлена свойствами диэлектриков изоляции электроустановок [2].

С учетом вышеизложенного подставляя значения емкостной проводимости изоляции сети уравнения (1) в уравнение закона Ома для участка сети получаем математическую зависимость определения тока однофазного замыкания на землю:

$$I_o = \frac{U_{\phi}^2 U_{\phi 0} g_o}{U_o \sqrt{U_{\phi 0}^2 + U_o^2}}. \quad (2)$$

Для практического применения уравнения определения тока однофазного замыкания на землю (2) с целью сокращения действия на измерения, напряжения фазы относительно

земли до подключения активной дополнительной проводимости – g_o используется известное соотношение линейного и фазного напряжений $U_{\text{л}} = 1,73U_{\text{ф}}$.

С учетом вышеизложенного уравнение определения тока однофазного замыкания на землю (2) примет вид:

$$I_o = \frac{U_{\text{л}}^2 U_{\text{ф}o} g_o}{3U_o \sqrt{U_{\text{ф}o}^2 + U_o^2}}. \quad (3)$$

Поэтому разработанный способ определения тока однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6 – 10 кВ, заключающийся в измерении величин модулей линейного напряжения, напряжения нулевой последовательности после подключения активной дополнительной проводимости между одной из фаз электрической сети и землей.

Для разработки способа определения тока утечки между одной из фаз сети и землей в несимметричной сети напряжением 6 кВ аналогично используем уравнение определения величины проводимости, снижающей сопротивление изоляции одной из фаз электрической сети относительно земли [2]:

$$g_o = \frac{U_o U_{o1}}{U_{\text{ф}} (U_o \cos \alpha_1 - U_{o1} \cos \alpha)} b_o, \quad (4)$$

где $U_{\text{ф}}$ – напряжение фазы относительно земли до повреждения изоляции сети;

U_o – напряжение нулевой последовательности при повреждении изоляции одной из фаз сети относительно земли;

U_{o1} – напряжение нулевой последовательности при повреждении изоляции одной из фаз сети относительно земли после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей;

$\cos \alpha$ – угол сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения между фазами, в которые не подключается активная дополнительная проводимость;

$\cos \alpha_1$ – угол сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения между фазами, в которые не подключается активная дополнительная проводимость, после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей;

b_o – дополнительная емкостная проводимость, подключаемая между фазами сети и землей.

Решая совместно уравнения закона Ома для участка сети и уравнения определения проводимости, снижающей сопротивление изоляции одной из фаз электрической сети относительно земли (4) получим формулу определения тока утечки в сети, где изоляция одной из фаз сети ослаблена:

$$I_{\text{ут}} = \frac{U_{\text{ф}o} U_o U_{o1} b_o}{U_{\text{ф}} (U_o \cos \alpha_1 - U_{o1} \cos \alpha)}. \quad (5)$$

Для практического применения уравнения определения тока утечки на землю (5) с целью исключения измерения напряжения фазы относительно земли до повреждения изоляции используется также известное соотношение линейного и фазного напряжений $U_{\text{л}} = 1.73U_{\text{ф}}$.

С учетом вышеизложенного уравнение (5) определения тока утечки на землю примет вид:

$$I_{\text{ут}} = \frac{U_{\text{фо}} U_{\text{o}} U_{\text{o1}} b_{\text{o}}}{3U_{\text{л}} (U_{\text{o}} \cos \alpha_1 - U_{\text{o1}} \cos \alpha)}. \quad (6)$$

В уравнениях определения токов утечки и однофазного замыкания на землю учтены соотношения коэффициентов трансформации и особенности формирования напряжения нулевой последовательности на открытом треугольнике трансформаторов напряжения типа НТМИ или НАМИ.

Разработан способ определения тока утечки в несимметричных сетях напряжением 6 – 10 кВ, основан на измерении величин линейного напряжения, напряжения фазы относительно земли и напряжения нулевой последовательности, а также угла сдвига фаз между векторами линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности до и после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей.

Разработанные способы определения тока однофазного замыкания и тока утечки в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В обеспечивает: удовлетворительную точность, простоту производства измерений величин модулей напряжений и безопасность производства работ в электроустановках.

При применении разработанного способа определения тока однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6 – 10 В, не требуется создания специальных устройств, так как используемые измерительные приборы имеются в службе эксплуатации, а в качестве дополнительного активного сопротивления используются провололочные сопротивления $R=1000,0$ Ом с мощностью рассеивания в 1,0 кВт. Для коммутации дополнительного активного сопротивления используется резервная ячейка выключателя нагрузки.

При применении разработанного способа определения тока утечки на землю в сетях с изолированной нейтралью напряжением 6 – 10 кВ не требуется создания специальных устройств, так как используемые измерительные приборы имеются в службе эксплуатации, а в качестве дополнительной емкостной проводимости используется конденсаторы с емкостью 0,5 мкФ с рабочим напряжением 10 кВ. Для коммутации конденсаторов между фазами электрической сети и землей используется резервная ячейка выключателя нагрузки.

Список использованных источников

- 1 Утегулов Б.Б. Анализ погрешности разработанного способа определения параметров изоляции в сети напряжением 6 кВ. – Вестник науки. – Выпуск №4. – Технические науки. – КАТУ им. С.Сейфулина. – Астана, 2015.
- 2 Электробезопасность в горнодобывающей промышленности // Л.В. Гладилин, В.И. Щуцкий, Ю.Г. Бацеев, Н.И. Чеботаев. – М.: Недра., 1977. – 327 с.
- 3 Утегулов Б.Б. Разработка способа определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей в электроустановках напряжением 6 – 20 кВ. – Вестник науки. – Выпуск №4. – Технические науки. – КАТУ им. С.Сейфулина. – Астана, 2015.